

KAJIAN BIOGAS SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DI PESANTREN SAUNG BALONG AL-BAROKAH, MAJALENGKA, JAWA BARAT

STUDY OF BIOGAS FOR POWER GENERATION AT PESANTREN SAUNG BALONG AL-BAROKAH, MAJALENGKA, WEST JAVA

Maulana Arifin, Aep Saepudin, Arifin Santosa

Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI
Komp. LIPI Bandung, Jl Sangkuriang, Gd 20, Lt 2, Bandung,
Jawa Barat 40135, Indonesia
maul004@lipi.go.id; hilal_zalfa@yahoo.com

Diterima: 18 Oktober 2011; Direvisi: 2 November 2011; Disetujui: 25 November 2011;
Terbit online: 22 Desember 2011.

Abstrak

Pemanfaatan biogas dari kotoran sapi sebagai alternatif bahan bakar pembangkit listrik dilakukan melalui proses anaerobik. *Pilot Plant* dengan produksi biogas sebesar $7 \text{ m}^3/\text{hari}$ telah terpasang di Pesantren Saung Balong. Biogas ini dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari seperti memasak dan penerangan, dan digunakan sebagai bahan bakar *pure biogas* dengan genset skala 2.500 Watt. Produksi biogas rata-rata sebesar $0,040 \text{ m}^3$ per 30 menit atau $0,080 \text{ m}^3/\text{jam}$. Biogas yang dihasilkan selama pengukuran (450 menit) adalah $0,604 \text{ m}^3$. Dengan data tersebut maka diperkirakan dalam sehari (24 jam) biogas yang dapat dihasilkan adalah sebesar $1,92 \text{ m}^3$. Sementara, konsumsi biogas untuk genset pada beban 1.047 W adalah $0,019 \text{ m}^3/\text{menit}$, genset akan beroperasi selama 101,05 menit atau sekitar 1,68 jam. Dengan demikian listrik yang dapat dihemat adalah 1,759 kWh per-hari atau 52,77 kWh per-bulan dan biaya listrik yang dapat dihemat yaitu sebesar Rp. 40.896/bulan.

Kata kunci: biogas, *pure biogas*, *pilot plant*, anaerobik.

Abstract

Utilization of biogas from cow manure as a fuel alternative for power plants is done through an anaerobic process. A pilot plant with biogas production of $7 \text{ m}^3/\text{day}$ has been installed at Pesantren Saung Balong. Biogas is used for everyday purposes such as cooking and lighting, and used as pure biogas with 2.500 Watt scale generator. Biogas produced with the rate of $0.080 \text{ m}^3/\text{hr}$. Biogas produced during the measurement (450 minutes) is 0.604 m^3 . With these data it is predicted that within a day (24 hours) biogas which can be generated is equal to 1.92 m^3 . Meanwhile, consumption of biogas to the generator with 1.047 W load is $0.019 \text{ m}^3/\text{minutes}$, the generator will operate for approximately 101.05 minutes or 1.68 hours. Thus electricity that can be saved is 1.759 kWh per day or 52.77 kWh per month and electricity cost that can be saved that is equal to Rp.40.896/month.

Keywords: biogas, *pure biogas*, *pilot plant*, anaerobic.

I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan sumber energi terbarukan yang berasal dari sumber non-fosil seperti sampah perkotaan, kotoran ternak, limbah pertanian dan sumber biomasa lainnya saat ini menjadi semakin penting. Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan oleh fermentasi anaerobik dari bahan organik. Biogas dapat diproduksi dari limbah kotoran hewan, air limbah, dan limbah padat. Komposisinya bervariasi, tergantung sumber bahan biogasnya. Akan tetapi, biasanya memiliki kandungan 50–70 % CH_4 , 25–50 % CO_2 , 1–5 % H_2 , 0,3–3 % N_2 dan H_2S [1][2]. Biogas merupakan sumber energi yang menarik untuk daerah pedesaan khususnya di negara-

negara berkembang [3]. Salah satu karakteristik yang menarik adalah biogas dapat diproduksi mendekati titik konsumsinya sehingga sangat ideal untuk pembangkit listrik yang terdesentralisasi di daerah pedesaan terpencil. Di sisi lain, biogas juga dapat diproduksi pada skala yang lebih besar dari bahan limbah perkotaan dan digunakan untuk menghasilkan listrik bagi masyarakat setempat [4]. Teknologi biogas telah berkembang sejak lama namun aplikasi penggunaannya sebagai sumber energi alternatif belum berkembang secara luas. Beberapa kendala antara lain yaitu kekurangan kemampuan teknis, reaktor biogas tidak berfungsi akibat bocor/kesalahan konstruksi, desain reaktor tidak

user friendly, penanganan masih secara manual dan biaya konstruksi yang mahal [5].

Di Pesantren Saung Balong telah dibuat *pilot plant* biogas dengan produksi biogas sekitar 7 m³/hari. Biogas ini dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari seperti memasak dan penerangan, dan digunakan sebagai bahan bakar *pure biogas* dengan genset skala 1.000-10.000 watt dan skala 10 kW dengan *system dual fuels* dan telah dibuat teknologi pengayaan biogas melalui proses absorpsi dan teknologi pengisian biogas kedalam tabung. Listrik yang dihasilkan dari instalasi biogas di pesantren Saung Balong Al Barokah digunakan untuk mengurangi ketergantungan terhadap listrik yang di peroleh dari Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana potensi penggunaan biogas pada *pilot plant* yang sudah terinstalasi, sehingga diharapkan hasil pengujian ini dapat digunakan sebagai tahap awal untuk mengetahui bagaimana potensi biogas sebagai sumber pembangkit listrik yang siap untuk dikomersialisasikan

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan menggunakan metode observasi dan studi literatur.

A. Observasi

Metoda ini dilakukan penulis dengan cara mengukur langsung parameter-parameter yang berkaitan dengan *Pilot Plant* Biogas yang terinstalasi. Pengujian produksi biogas bertujuan untuk mengetahui produksi biogas yang dihasilkan *digester* perhari yang ada di *Pilot Plant* Biogas di Pesantren Saung Balong Al Barokah. Data produksi biogas digunakan sebagai indikator keberhasilan penerapan instalasi biogas dan digunakan pula untuk analisis kebutuhan biogas untuk bioelektrik

Pengukuran produksi biogas dilakukan dengan cara mengukur debit biogas yang keluar dari *digester*. Pengukuran produksi biogas dilakukan selama 450 menit (7,5 jam) dari pukul 08:00 hingga 15:30 dengan pencatatan setiap 30



Gambar 1. Alat untuk pengukuran produksi biogas (*Biogas flow-meter, thermo-hygrometer digital*).

menit. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *biogas flow-meter*, selain itu dilakukan pula pengukuran suhu ruangan dan kelembaban (RH) dengan alat *thermo-hygrometer* digital.

Pengujian biogas diawali dengan persiapan bahan baku yaitu kotoran sapi yang dihasilkan dari peternakan. Kotoran sapi dicampur dengan air dalam bak pencampur dengan perbandingan 1:1 sampai campuran homogen dengan menghasilkan *slurry*. *Slurry* tersebut didiamkan selama 30 menit dan kemudian dimasukkan kedalam *digester* pada pukul 07:00 dengan volume *slurry* sebesar 0,105 m³. Setelah satu jam, baru dilakukan pengukuran produksi biogas.

B. Studi Literatur

Dalam hal ini penulis melakukan pencarian data literatur baik melalui internet, *textbook*, dokumentasi, jurnal ilmiah, dan sebagainya yang berhubungan dengan masalah biogas sebagai alternatif pembangkit listrik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Produksi Biogas

Bioelektrik atau biotrik adalah istilah yang dipakai Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik – LIPI untuk sebutan perangkat yang mengkonversi bioenergi (biogas) menjadi listrik. Konversi biogas dilakukan dengan memodifikasi sistem bahan bakar pada genset konvensional sehingga menjadi genset biogas.

Biogas juga dapat digunakan dan dikombinasikan dengan bahan bakar solar (*system dual fuels*) untuk mendapatkan energi listrik yang lebih besar. Sampai saat ini, bioelektrik masih dalam tahap pengembangan untuk menghasilkan energi listrik yang lebih besar. Adapun spesifikasi untuk Bioelektrik dapat di lihat Tabel 1.



Gambar 2. *Digester* dan genset biogas yang terinstalasi di Pesantren Saung Balong, Majalengka.

Tabel 1.
Spesifikasi Perangkat Bioelektrik.

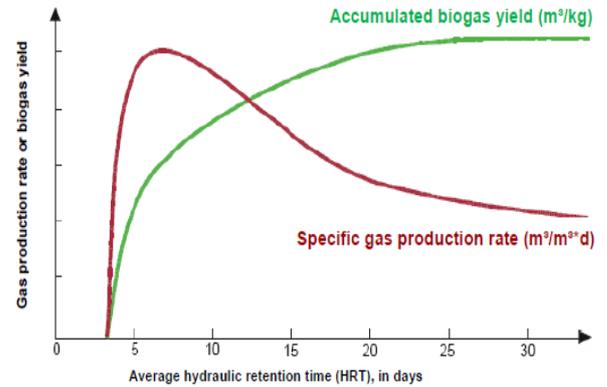
Spesifikasi	Keterangan
<i>Digester</i>	
- Tipe	Kubah Tetap
- Sistem pengumpanan	Batch (curah)
- Kapasitas	7 m ³
- Diameter	200 cm
- Tinggi	390 cm
- Bahan	Fiber Glass,
- Jenis resin	Eternal 2504
- Ketebalan bahan	3-5 mm
- Jumlah ternak	6-20 ekor sapi
- Dimensi bak <i>slurry</i>	350 x 100 x 30 cm
Penampung biogas	Bahan plastik polietilen dengan tebal 1 mm, kapasitas tampung 2m ³ biogas
Kompor	Kompor biogas kualitas pabrik dengan satu perapian
Genset	Genset Biogas 2.500 W

Tabel 2.
Produksi Biogas untuk satu *digester*.

Waktu (menit)	Pembacaan Alat (m ³)	Pertambahan Biogas (m ³)	Akumulasi Gas (m ³)	Suhu Ruangan (°C)	RH (%)
0	1.638	0	0	27,4	85,0
30	1.677	0,039	0,039	27,8	80,0
60	1.716	0,039	0,078	28,9	76,0
90	1.768	0,052	0,130	28,9	73,0
120	1.807	0,039	0,169	29,4	73,0
150	1.875	0,068	0,237	29,4	68,0
180	1.906	0,031	0,268	30,3	64,0
210	1.972	0,066	0,334	32,1	59,0
240	2.005	0,033	0,367	31,4	56,0
270	2.060	0,055	0,422	32,0	55,0
300	2.088	0,028	0,450	31,7	54,0
330	2.144	0,056	0,506	31,9	55,0
360	2.180	0,036	0,542	33,3	51,0
390	2.198	0,018	0,560	33,4	51,0
420	2.238	0,040	0,600	32,5	52,0
450	2.242	0,004	0,604	32,0	55,0
480	0,600	0,6	0,6795	32,0	55,0
510	0,590	0,59	0,7223	32,5	52,0
540	0,560	0,56	0,7651	32,5	52,0
Rata-rata		0,040		30,8	62,9
Total		0,604			

Dari literatur grafik hubungan waktu dengan produksi biogas (Gambar 3), diperlihatkan kurva yang cenderung linier. Pertambahan akumulasi produksi biogas bertambah seiring dengan waktu. Akan tetapi setelah melewati 20 hari proses produksi biogas cenderung sedikit. Sehingga dibutuhkan pemasukan *slurry* baru pada *digester* [6].

Pada Tabel 2, diperlihatkan data produksi biogas. Dari Tabel tersebut diketahui laju produksi biogas rata-rata sebesar 0,040 m³/30 menit atau 0,080 m³/jam. Biogas yang dihasilkan



Gambar 3. Grafik literatur rasio produksi biogas vs waktu – *batch test* (Lfu 2007) [6].

selama pengukuran (450 menit) adalah $0,604 \text{ m}^3$. Dengan data tersebut maka diperkirakan dalam sehari (24 jam) biogas yang dapat dihasilkan adalah sebesar $24 \times 0,080 \text{ m}^3/\text{jam} = 1,92 \text{ m}^3$.

Dari grafik hubungan waktu dengan produksi biogas (Gambar 4), diperoleh kurva yang cenderung linier dengan nilai $R^2 = 0,9905$. Dengan demikian produksi biogas per satuan waktu dapat dikatakan konstan.

Adapun sedikit penyimpangan kemungkinan terjadi karena suhu lingkungan yang tinggi ($27,4^\circ\text{C} - 33,4^\circ\text{C}$). Idealnya suhu di dalam *digester* adalah 25°C dan diusahakan tidak terpapar langsung oleh sinar matahari. Dengan adanya penghalang di atas *digester* diharapkan suhu di dalam *digester* tetap stabil pada kisaran 25°C .

Produksi biogas perhari hasil pengukuran masih belum optimal yaitu $1,92 \text{ m}^3$. Sedangkan jika *digester* (kapasitas 7 m^3) berfungsi dengan baik, diperkirakan dapat menghasilkan biogas sekitar $4-6 \text{ m}^3$ perhari dengan syarat jumlah minimal campuran kotoran sapi dan air yang dimasukkan setiap harinya sebanyak $0,5 \text{ m}^3$ (setara dengan kotoran yang dihasilkan $4-6$ ekor sapi dewasa) dan kondisi lingkungan yang mendukung [7]. Pada kenyataannya *slurry* yang dimasukkan kedalam *digester* hanya sebanyak $0,105 \text{ m}^3$, sehingga biogas yang dihasilkan kurang dari 5 m^3 . Untuk itu sebaiknya pemasukan *slurry* dilakukan sesering mungkin agar jumlah kotoran minimal yang harus dimasukan kedalam *digester* dapat terpenuhi. Selain itu, diperlukan skala ukur pada bak *slurry* agar volume *slurry* yang dimasukan dapat diperkirakan supaya perbandingan antara grafik literatur dan grafik hasil pengujian cenderung sama, dimana penambahan akumulasi produksi biogas bertambah seiring dengan waktu. Akan tetapi setelah melewati 450 menit, proses produksi biogas cenderung sedikit. Sehingga dibutuhkan pemasukan *slurry* baru pada *digester*.

B. Pengujian Bioelektrik

Pengujian konsumsi biogas dilakukan dengan mengukur debit biogas yang masuk kedalam ruang bakar genset. Biogas yang tertampung dalam penampungan disalurkan dengan pipa menuju genset. Sebelum masuk genset, biogas terlebih dahulu masuk kedalam *biogas flow-meter* yang berfungsi untuk mengetahui debit biogas yang masuk kedalam genset persatuan waktu. Pengukuran konsumsi biogas dilakukan pada beban listrik berbeda yaitu 0 W , 21 W , 221 W , 622 W , dan 1.047 W . Pengukuran dilakukan selama 10 menit untuk masing-masing beban. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3.
Perbandingan konsumsi biogas pada beban listrik berbeda.

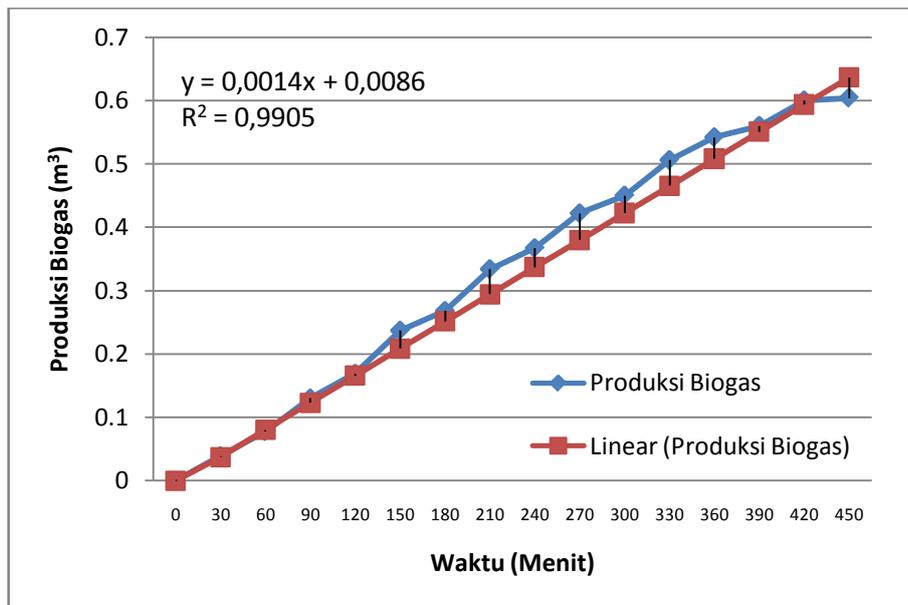
Beban Listrik (Watt)	Laju Konsumsi Biogas Rata-rata (m^3/menit)
0	0.018
21	0.019
221	0.021
622	0.020
1047	0.019

Pada Tabel 3 terlihat adanya perbedaan laju konsumsi biogas pada beban listrik berbeda. Pada saat beban 0 W , 21 W , 221 W , laju konsumsi biogas meningkat seiring dengan beban listrik yang meningkat, namun pada beban 622 W , dan 1.047 W , laju konsumsi biogas kembali menurun dan sama seperti pada beban yang rendah (lihat Gambar 5). Hal ini kemungkinan terjadi karena pada awal pengujian (0 W , 21 W , 221 W) suhu genset belum mencapai optimal untuk proses pembakaran di dalam ruang bakar genset, sehingga konsumsi bahan bakarnya tinggi, sedangkan di akhir pengujian kemungkinan suhu di ruang bakar genset telah optimal untuk pembakaran sehingga konsumsi bahan bakarnya kembali menurun dan sama seperti awal pengujian walaupun beban listrik yang diberikan lebih besar. Dengan demikian laju konsumsi biogas tidak dipengaruhi oleh beban listrik yang diberikan selama masih berada di bawah beban listrik maksimal yang mampu ditanggung genset ($2,5 \text{ kW}$). Oleh karena itu, penggunaan genset biogas akan lebih ekonomis apabila digunakan pada beban listrik yang besar.

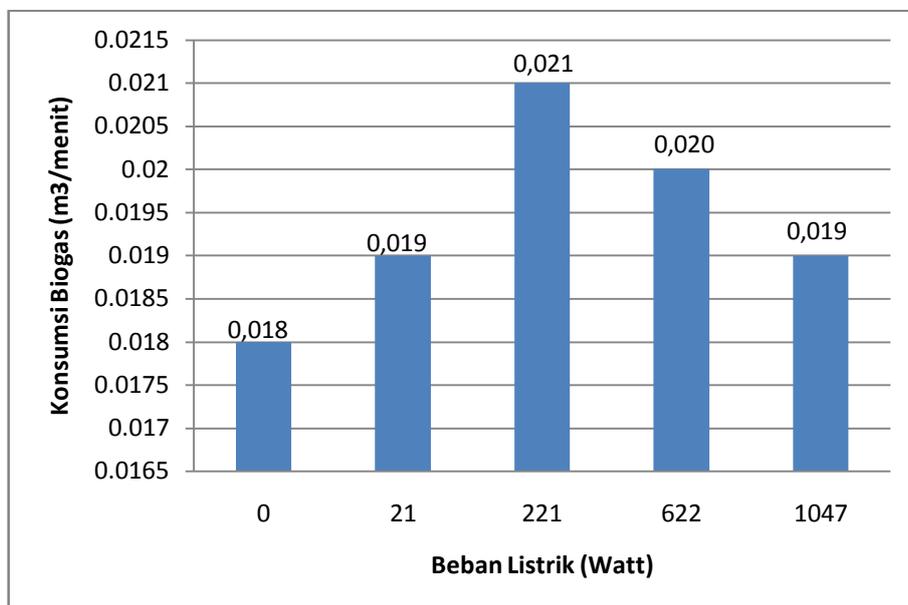
Pada Gambar 5, terlihat bahwa konsumsi biogas tertinggi yaitu pada beban listrik 221 Watt dan terendah yaitu pada penggunaan tanpa beban 0 watt . Sementara beban tertinggi yang dilakukan saat pengujian yaitu 1.047 Watt dengan konsumsi biogas $0,019 \text{ m}^3/\text{menit}$. Konsumsi biogas dengan beban 1.047 Watt ini menjadi dasar analisis penggunaan bioelektrik untuk penerangan, karena merupakan beban listrik minimal yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan listrik peternakan. Dengan demikian, kebutuhan biogas untuk menyalakan genset selama 12 jam adalah :

$$12 \times 60 \text{ menit} \times 0,019 \text{ m}^3/\text{menit} = 13,68 \text{ m}^3$$

Pada kondisi sebenarnya jumlah biogas yang diproduksi perhari hanya sebanyak $1,92 \text{ m}^3$, untuk itu analisis bioelektrik tidak dilakukan untuk penerangan selama 12 jam, akan tetapi dilakukan selama biogas mencukupi untuk menyalakan genset.



Gambar 4. Grafik hubungan produksi kumulatif biogas dengan waktu.



Gambar 5. Diagram konsumsi biogas pada beban listrik berbeda.

C. Analisis Penggunaan Bioelektrik untuk Substitusi Listrik PLN

Analisis penggunaan bioelektrik bertujuan untuk mengetahui penghematan yang dapat diperoleh jika bioelektrik digunakan untuk substitusi listrik PLN. Penggunaan bioelektrik diharapkan dapat mengurangi pengeluaran dari penggunaan listrik, penggunaan bioelektrik diutamakan pada saat beban puncak yaitu pada pukul 18:00-20:00, karena pada waktu tersebut biaya listrik per kWh paling tinggi sehingga memungkinkan untuk lebih menghemat biaya pengeluaran.

Dari pengujian produksi biogas diketahui bahwa jumlah rata-rata biogas yang dihasilkan *digester* adalah sebanyak 1,92 m³/hari. Sementara, konsumsi biogas untuk genset pada beban 1.047

kW adalah 0,019 m³/menit. Dari data tersebut maka lama genset beroperasi dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Lama Genset Beroperasi} &= \frac{\text{Produksi Biogas}}{\text{Biogas untuk Genset}} \\ &= \frac{1,92 \text{ m}^3}{0,019 \text{ m}^3/\text{menit}} = 101,05 \text{ menit} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, genset akan beroperasi selama 101,05 menit atau sekitar 1,68 jam. Dengan demikian listrik yang dapat dihemat adalah 1,047 kW x 1,68h = 1,759 kWh per hari atau 52,77 kWh per bulan. Jika biaya kWh listrik PLN adalah sebesar Rp. 755/kWh (PT. PLN 2011), maka biaya listrik yang dapat dihemat yaitu sebesar Rp. 40.896/bulan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penggunaan instalasi bioelektrik sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Biogas di Pesantren Saung Balong belum menghasilkan produksi biogas yang optimal. Berdasarkan teori *digester* berkapasitas 7 m³ seharusnya dapat menghasilkan 4-6 m³ biogas perhari, sedangkan kenyataannya produksi biogas hanya 1,92 m³ perhari.
2. Kurangnya produksi biogas dapat disebabkan beberapa faktor diantaranya faktor suhu yang terlalu tinggi, kurangnya kotoran yang dimasukkan kedalam *digester*, perbandingan campuran *slurry* yang tidak homogen.
3. Konsumsi biogas untuk genset pada beban yang berbeda relatif sama yaitu berkisar antara 0,018 - 0,021 m³/menit sehingga tidak ada terpengaruh beban listrik dengan konsumsi biogas. Konsumsi biogas pada beban listrik tertinggi (1.047 Watt) adalah 0,019 m³/menit.
4. Penghematan yang diperoleh dari penggunaan seperangkat instalasi bioelektrik yang terdiri dari satu genset (daya maksimal 2,5 kW) dan satu perangkat *digester* (kapasitas 7 m³) adalah sebesar Rp. 40.896/bulan.
5. Perbandingan antara grafik literatur dan grafik hasil pengujian cenderung sama, dimana pertambahan akumulasi produksi biogas bertambah seiring dengan waktu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik - LIPI melalui program DIPA tahun 2010 atas sumber dana dan kesempatan yang diberikan untuk penelitian ini, teman-teman di Bidang Sarana Penelitian yang telah membantu dalam penelitian ini, Bapak Hoeruman sebagai Pimpinan Pesantren Saung Balong, Zana Fauzilah mahasiswa Praktek Kerja Lapangan dari Faperta Unpad yang telah mengambil data-data di lapangan, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Sitthikhankaw, S. Predapitakkun, R. Kiattikomol, S. Pumhiran, S. Assabumrungrat, N. Laosiripojana, "Performance of commercial and modified

activated carbons for hydrogen sulfide removal from simulated biogas," in *Proceeding of Conference on IEEE First Conference on Clean Energy and Technology (CET)*, 2011, 27-29 June 2011, pp 135-139.

- [2] Tran Minh Tien, Pham Xuan Mai, Nguyen Dinh Hung, Huynh Thanh Cong, "A Study on Power Generation System Using Biogas Generated from the Waste of Pig Farm". In *Proceeding of International Forum on Strategic Technology (IFOST) 2010*, 13-15 Oct. 2010, pp 203 - 207.
- [3] Jawurek, H.H., Lane, N.W. and Rallis, C.J., "Biogas/petrol dual fuelling of SI engine for rural third use," *Biomass*, Volume 12, 1987, pp. 87-103.
- [4] Jiasheng Guo, Chaokui Qin, Schmitz, G., "Numerical Investigation on the Performance of Spark Ignition Engine Used for Electricity Production Fuelled by Natural Gas/Liquefied Petroleum Gas-Biogas Blends with Modelica," in *Proceeding of 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET) 2010*, Vol 6, 16-18 April 2010, pp 682-687.
- [5] Teguh Wikan Widodo, Ahmad Asari, Ana N., dan Elita R., "Rekayasa dan Pengujian Reaktor Biogas Skala Kelompok Tani Ternak," *Jurnal Enjiniring Pertanian*, Volume 4, Nomor 1, pp. 41-52, April 2006.
- [6] L. Sasse, *Biogas Plants*. A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien - GATE in: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1988.
- [7] Deublein and A. Steinhauser, *Biogas from waste and renewable resources*. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Germany, 2008.
- [8] K. Von Mitzlatf, *Engine for Biogas*. Germany: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, 1988.
- [9] Robert. D Zucker and Oscar B., *Fundamental of Gas Dynamics*. Department of Aeronautics and Astronautics Naval Postgraduate School Monterey, California: John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [10] T. Al Seadi, D. Rutz, H. Prassl, M. Köttner, T. Finsterwalder, S. Volk, R. Janssen, *Biogas Handbook*. Esbjerg, Denmark: University of Southern Denmark Esbjerg, Niels Bohrs Vej 9-10, DK-6700, October 2008.